

## 報告書 (体育研究所プロジェクト研究)

競技種目の相違からみたスピードスケート選手における  
筋形態及び無酸素性パワー発揮能力の発達The development of muscle structure and anaerobic power generation  
capacity in sprint and long-distance speed skaters.

熊川 大介\*, 角田 直也\*\*

Daisuke KUMAGAWA\* and Naoya TSUNODA\*\*

## プロジェクト研究課題：

ジュニアスピードスケート選手の身体的特性

## プロジェクト研究の概要：

本プロジェクトでは、発育期スピードスケート選手における競技能力と体力的特性との関わりについて、1) ジュニアスピードスケート選手の滑走能力に関わる筋形態及び機能的要因、2) 滑走能力と下肢筋群の形態及び機能の発育・発達、3) 滑走能力と下肢筋群の形態及び機能の発達における性差、から検討する。本年度は、2) の研究課題についての測定を実施し、スピードスケート選手における体力特性の発育・発達傾向を専門種目別に比較検討した。本報では、その成果について報告する。

## 1. 緒 言

我が国におけるスピードスケート競技は、500m から10000m までの競技種目が存在する。しかしながら、このように距離別に競技会が開催されるのは中学生以降となる。それゆえ、ジュニアスピードスケート選手の多くは、中学生期から種目別

の専門トレーニングが開始されている。

van Ingen Schenau et al. (1990) は、各滑走距離に対する無酸素性及び有酸素性パワーの貢献度を算出した結果、500m 種目に対する無酸素性パワーの貢献度は82%と高いが、滑走距離が長くなるに従って有酸素性に依存する割合が高くなることを明らかにしている。このことは、競技力向上のための専門種目トレーニングは、無酸素性、有酸素性の比重を考慮して構成されなければならないことを示しており、実際に短距離選手は短時間に高強度のトレーニングを、長距離選手では長時間に低強度のトレーニングが行われる傾向にある(熊川と角田 2006)。このようなトレーニング内容の差異は、筋の形態や機能に影響を及ぼすことが十分に考えられ、成人選手や高校生選手を対象とした先行研究では、短距離選手と長距離選手の体力的及び滑走中の運動学的差異が明らかにされている(van Ingen Schenau and de Groot 1983, 根本ら 1984, 熊川と角田 2006)。しかしながら、このような競技種目特性について発育・発達の観点から検討した研究報告は存在しない。

そこで本研究では、中学生から20歳代のスピードスケート選手を対象として、筋の形態的特性

\* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school of Sport System, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

と無酸素性パワーに及ぼす競技種目トレーニングの影響について発育・発達との関連から検討することを目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 被検者

被検者は、中学生、高校生、大学生及び社会人の男子スピードスケート選手103名（短距離選手53名、長距離選手50名）を対象とした。全被検者は、年間を通じてスピードスケート競技の種目別トレーニングを行っており、測定前のシーズンにおいて、地方、全国及び世界選手権における公式記録会に参加していた。本研究では、先行研究（熊川と角田 2006）の方法に従って被検者を短距離選手と長距離選手に分類した。即ち、各被検者が得意としている専門種目を調査し、宮下（1993）

の示す運動時間とエネルギー供給機構の貢献度を参考にして、500mを専門種目とする選手は短距離選手、3000m以上の種目を専門とする選手を長距離選手と定義した。また、本研究では、13歳から20歳までの選手を2歳ごとの年齢群として、また、21歳以上の選手は1つの群として群別した。各群における被検者数及び身体的特性は平均値と標準偏差値でTable 1に示した。全ての被検者及びその保護者には、研究の目的及び内容等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。

### 2) 筋形態の測定

本研究の筋形態としては、全身の除脂肪量を対象とした。除脂肪量の測定は、体内脂肪計（BODY FAT ANALIZER, TBF-110, TANITA 社製）を用いて行った。測定姿勢は立位であり、測定中は

Table 1. Number of subjects and physical characteristics in groups.

#### SPRINTERS

Age ranges (yrs)	n	Body height (cm)	Body weight (kg)	BMI	Fat (%)
13-14	15	160.4±7.2	50.5±10.5	19.7±3.0	14.9±4.6
15-16	14	169.4±4.8	62.5±4.7	21.8±2.4	17.8±4.3
17-18	17	171.3±5.0	65.9±3.2	22.3±1.4	18.4±4.6
19-20	4	171.4±4.9	67.8±2.0	23.1±0.8	14.2±4.4
21-	3	170.1±4.7	68.0±0.2	23.6±1.3	17.1±5.1

Values are expressed as mean±SD.

#### LONG-DISTANCE SKATERS

Age ranges (yrs)	n	Body height (cm)	Body weight (kg)	BMI	Fat (%)
13-14	17	156.3±10.2	43.5±7.9	18.2±0.9	14.2±1.9
15-16	14	168.8±6.7	56.0±7.3	19.4±1.5	17.5±4.2
17-18	8	169.9±2.2	60.2±2.3	21.0±1.0	16.3±2.0
19-20	6	175.5±4.5	69.1±4.7	22.4±0.6	13.5±3.4
21-	5	174.9±3.1	67.4±5.2	22.1±1.3	17.0±3.8

Values are expressed as mean±SD.

身体に動きが生じないように配慮した。測定に用いられる周波数は50kHz、電流は500 $\mu$ Aであり、両足間から4電極のインピーダンス法により推定された値を採用した。

### 3) 無酸素性パワーの測定

無酸素性パワーの測定は、(宮下 1985)の方法に従い、電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター(POWER MAX V II, COMBI社製)を使用して、無酸素パワーテストを行った。即ち、各被検者はウォーミングアップの後に、負荷を変えることによる10秒間の全力ペダリングを2分間の休憩をはさんで3回行わせた。測定の際には、あらかじめサドルを各被検者の最もペダリングしやすい位置に調整し、テスト中はサドルから腰を上げないように指示した。無酸素パワーテストにおける第1の負荷は被検者の体重によって設定され、第2及び第3の負荷は前試技のペダル回転数に応じて漸増される。この3回の全力ペダリングより得られた負荷と、最大ペダル回転数との回帰直線から推定されたパワーの最高値である最大無酸素パワー値(MAP)を個人値として採用した。

### 4) 統計処理

本研究における全ての測定値を平均値 $\pm$ 標準偏差(SD)によって示した。また、各測定値に対する専門種目及び年齢の影響については二元配置分散分析によって調べ、各年齢群における専門種目間の有意差検定は、多重比較検定により行った。統計処理の有意性は危険率5%未満で判定した。

## 3. 結果と論議

Table 2は、各年齢群における除脂肪量の値を短距離選手及び長距離選手で示したものである。二

元配置分散分析の結果、除脂肪量に対する年齢及び専門種目による有意な主効果が認められ、交互作用は認められなかった。除脂肪量は、両群ともに年齢に伴って増加する傾向がみられるが、その増加傾向は両群で異なるものであった。即ち、13-14歳及び15-16歳においては、短距離選手が長距離選手よりも有意に高い値を示すが、年齢に伴ってその差は小さくなり、大学生以降の年齢ではほぼ同様の値を示した。このことは、発育が進むことによって、両群における全身の骨格筋量の差異が小さくなることを示しており、特に成人選手では短距離選手と長距離選手はほぼ同様の筋量を有することが考えられる。成人選手における形態的特性を専門種目別に比較した報告はいくつか存在する。根本ら(1984)は、500mや1000mといった短距離種目を専門としている男子選手と全種目を滑走する選手の体力的特性について検討している。その結果、短距離選手群と全種目滑走選手群における全身の除脂肪量については両群間に有意差は認められていない。また、高校生選手を対象とした先行研究(熊川と角田 2006)についても同様の結果が得られている。即ち、思春期後から20歳代のスピードスケート選手の場合、専

Table 2. Fat free mass (FFM) of subjects in each group.

Age ranges (yrs)	FFM (kg)	
	SPRINTERS	LONG-DISTANCE SKATERS
13-14	42.6 $\pm$ 7.6 *	37.3 $\pm$ 6.6
15-16	51.3 $\pm$ 3.9 *	46.0 $\pm$ 4.7
17-18	53.8 $\pm$ 4.0	50.3 $\pm$ 1.6
19-20	58.2 $\pm$ 3.9	59.7 $\pm$ 3.9
21-	56.4 $\pm$ 3.6	55.8 $\pm$ 3.0

Values are expressed as mean $\pm$ SD. \* indicates significant difference between Sprinters and Long-distance skaters

門種目間で全身における筋の形態的差異は存在しない可能性がある。一方、本研究では、年齢的に筋-骨格系の発育が著しいと考えられる中学生期に相当する年齢においては、短距離選手が長距離選手よりも全身の骨格筋量が大きいことが明らかになった。このような筋の形態的特性にみられる差異は、筋の発揮する力、速度及びパワー発揮能力にも影響を及ぼすことが考えられる。スピードスケート選手の体力特性について検討した先行研究によれば、除脂肪量は無酸素性パワー発揮能力との関連性が強く、両者間に有意な相関関係が認められている研究報告はジュニア選手（熊川 2008）から成人選手（根本ら 1992）にかけて幅広く存在する。本研究では、最大無酸素性パワーの値を短距離選手及び長距離選手で比較した（Table 3）。二元配置分散分析の結果、MAPに対する年齢及び専門種目による有意な主効果が認められ、交互作用は認められなかった。また、13-14歳、15-16歳及び17-18歳において、短距離選手が長距離選手よりも有意に高い値を示すが、19歳以降の年齢群においては両群間における有意差は認められなかった。この結果は、除脂肪量の場合とはほぼ同様であり、両群間におけるMAPの変化は骨格筋量の影響を強く受けていることが推察できる。そこで、本研究では除脂肪量あたりのMAP値について検討した（Table 4）。その結果、MAP・FFM<sup>-1</sup>においても年齢及び専門種目による有意な主効果が認められ、交互作用は認められなかった。また、両群間にお

ける有意差は15-16歳及び17-18歳で確認することができ、さらに13-14歳においても統計学的な有意性は認められなかったものの、短距離選手が長距離選手に比べて高い値を示した（ $p=0.067$ ）。即ち、無酸素性パワー発揮能力は中学生から高校生期にかけては短距離選手が高値を示すものの、

Table 3. Absolute values of maximal anaerobic power (MAP) in each group.

Age ranges (yrs)	MAP (W)	
	SPRINTERS	LONG-DISTANCE SKATERS
13-14	788.7±259.9 *	610.5±138.5
15-16	1089.9±152.3 *	862.7±154.5
17-18	1194.0±98.8 *	994.3±86.0
19-20	1173.3±82.0	1144.5±69.8
21-	1298.0±40.1	1194.8±75.1

Values are expressed as mean±SD. \* indicates significant difference between Sprinters and Long-distance skaters

Table 4. The ratio of maximal anaerobic power (MAP) to fat free mass (FFM) in each group.

Age ranges (yrs)	MAP·FFM <sup>-1</sup> (W·kg <sup>-1</sup> )	
	SPRINTERS	LONG-DISTANCE SKATERS
13-14	18.5±3.4	16.6±1.4
15-16	22.6±2.5 *	19.1±3.2
17-18	22.4±2.3 *	19.8±1.6
19-20	20.3±2.6	19.3±2.0
21-	23.1±1.4	21.0±0.9

Values are expressed as mean±SD. \* indicates significant difference between Sprinters and Long-distance skaters

それ以上の年齢では種目による差異が存在しない可能性も考えられる。しかし、本研究では19歳以上の被検者数が少ないことも影響していることが考えられるため、この点については今後更なる検討が必要である。

いずれにしても本研究の結果からは、全身の除脂肪量及び無酸素性パワーは、中学生段階から短距離選手が高いことが明らかになった。前述の通り、我が国におけるジュニアスピードスケート選手の多くは、中学生期から種目別の専門トレーニングが開始されている。従って、中学生選手の場合、比較的骨格筋量が多く最大パワー発揮能力に優れた選手は短距離選手に振り分けられ、体格的に小さい選手は長距離型としてトレーニングが開始されている可能性も考えられる。周知の通り、この時期における男子は、先天的な影響により身体的な成熟度が大きく異なることも事実である(マリーナとブシャー 1994)。また、Table 1からも分かるように、13-14歳の身長、体重及びBMIは短距離選手が長距離選手よりも高い値を示していることから、本研究における短距離選手は比較的早熟の者が多く含まれていた可能性も考えられる。これらのことを考え合わせると、身体発育のスパート開始年齢が早く、一般的な運動能力が優れた選手は短距離選手に振り分けられる可能性が高いのではないかと推察できる。

#### 4. 要 約

本研究では、スピードスケート選手における筋の形態的特性及び無酸素性パワー発揮能力の発育・発達傾向を専門種目別に比較検討した。

その結果は次のとおりであった。

- 1) 全身の除脂肪量は、13-16歳において短距離選手が長距離選手よりも大きい。発育が進むことによって両群における差異が小さくなり、特に成人選手では専門種目間で全身の骨格筋量に差異は存在しない可能性が考えられた。

- 2) 最大無酸素パワーは、13-18歳にかけては短距離選手が長距離選手よりも優れるが、19歳以降の年齢においては両群間における差異は認められなかった。この結果は、除脂肪量の場合とほぼ同様であり、両群におけるMAPの変化は骨格筋量の影響を強く受けているものと考えられた。
- 3) 除脂肪量あたりの最大無酸素パワーは、13-18歳にかけては短距離選手が長距離選手よりも高い値を示し、19歳以降の年齢においては両群間における差異は認められなかった。

これらの結果から、全身の除脂肪量及び無酸素性パワー発揮能力は、中学生段階から短距離選手が高いことが明らかになった。即ち、種目別トレーニングを開始する際には、身体発育の成熟度が高く、筋の形態及び最大パワー発揮能力に優れた選手は短距離選手に振り分けられる可能性が高いことが考えられた。

本研究の一部は、国士舘大学体育学部附属体育学研究所の2008年度研究助成によって実施した。

#### 引用・参考文献

- 1) 熊川大介, 角田直也, (2006), 男女スピードスケート選手における下肢筋群の形態及びパワー発揮能力に及ぼす競技種目の影響. トレーニング科学, 18 (3), 241-249.
- 2) 熊川大介, (2008), 発育期における男女スピードスケート選手の競技能力及び体力的特性. 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科平成19年度博士学位論文.
- 3) 根本 勇, 金久博昭, 吉岡伸彦, 山本正嘉, (1984), 競技種目および競技力レベルの相違からみたスピード・スケート選手の体力. 昭和58年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No II, 競技種目別競技力向上に関する研究 第7報, 95-101.
- 4) 根本 勇, (1992), スピードスケート競技力の科学. トレーニング科学, 14, 111-119.
- 5) 宮下充正, (1985), カナダのスポーツ選手の体力を測る. Jpn J Sports Sci, 4, 591-597.
- 6) 宮下充正, (1993), トレーニングの科学的基礎. ブックハウスHD, 40-42.

- 7) van Ingen Schenau G J and de Groot G, (1983), On the origin of differences in performance level between elite male and female speed skaters. Hum Mov Sci, **2**, 151-159.
- 8) van Ingen Schenau G J, de Koning J J, de Groot G, (1990), A simulation of speed skating performances based on a power equation. Med Sci Sports Exerc, **22** (5), 718-728.
- 9) ロバート・M・マリーナ, クロード・ブシャール, (1994) 高石昌弘, 小林寛道監訳, 発育・成熟・運動. 大修館書店